

ОСВОЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ДЛИННОМЕРНЫХ ТРУБ РАЗМЕРОМ 13X1,2 ММ ДЛИНОЙ 20-22 М ИЗ ХРОМОНИКЕЛЕВОГО СПЛАВА 42ХНМ-ВИ ДЛЯ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

DEVELOPMENT OF PRODUCTION OF LONG PIPES 13X1.2 MM, 20-22 M LONG, MADE OF A CHROME AND NICKEL ALLOY 42KHNM-VI FOR HEAT EXCHANGING EQUIPMENT OF NUCLEAR STATIONS

Кирпищиков И.А. – ведущий инженер-исследователь ЛТПХТ ЦЗЛ, ОАО «Первоуральский новотрубный завод» г. Первоуральск, info@chelpipe.ru

The application of a chrome and nickel alloy in the nuclear industry is considered herein, while the peculiarities of pipe manufacturing out of this alloy are provided, as well as the description of the development of pipe manufacturing process with the chrome and nickel alloy, providing economic calculations and summary on the manufacturing results.

1. Потребность в трубах из сплава 42ХНМ

Одним из перспективных направлений развития производства на ПНТЗ является освоение новых видов труб для теплообменного оборудования атомных электростанций. На ПНТЗ имеется многолетний опыт изготовления труб из коррозионностойких марок сталей таких как 08Х18Н10Т, 08Х14МФ, 09Х18Н9 и др. для атомной энергетики.



В настоящее время наметилась потребность в трубах более надежных, устойчивых к коррозии при высоких температурах, работающих при более высоких температурах и давлениях. Для улучшения надежности и технологических характеристик используются хромоникелевые сплавы, в частности 42ХНМ.

Освоение производства труб из хромоникелевого сплава 42ХНМ на ПНТЗ позволяет повысить конкурентоспособность продукции и ее долю на рынке длинномерных труб из коррозионностойких сталей и сплавов для теплообменного оборудования АЭС.

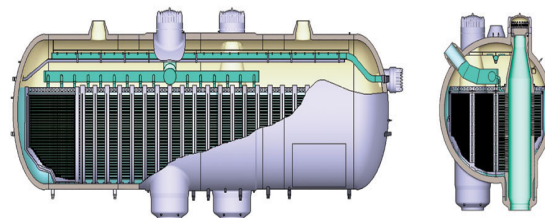
В РФ не существует технологии изготовления труб из сплава 42ХНМ для парогенераторов плавучих атомных электростанций. К 2020 году планируется строительство 6-10 ПАТЭС. Ожидаемый объем продаж ~ 600 – 1000 тн труб из сплава 42ХНМ.

2. Применение труб из сплава 42ХНМ и его особенности

Трубы из сплава 42ХНМ предполагается использовать в парогенераторах на плавучих атомных теплоэлектростанциях (ПАТЭС), атомных станциях малой мощности (АСММ) и перспективного проекта ВБЭР-300 (водо-водяной блочный энергетический реактор 300 МВт). В планах до 2020 г. создание серии плавучих атомных станций.

Создаваемые ПАТЭС найдут широкое применение в энергодефицитных регионах, а также при осуществлении проектов, требующих автономного и бесперебойного энергоснабжения при отсутствии развитой энергетической системы. Применение ПАТЭС в условиях Крайнего Севера позволит исключить необходимость ежегодного дорогостоящего завоза дизельного топлива.

ПАТЭС сможет обеспечивать получение до 210 тыс. м³ опресненной воды в сутки. По прогнозам МАГАТЭ объем рынка опресненной воды через 5 лет – к 2015 г. достигнет 12 млрд. долларов в год. Поэтому интерес к плавучим АЭС проявляют Китай, Индия, Индонезия и т.д. Это может стать важной статьёй российского экспорта, существенно увеличивающей долю высокотехнологичной продукции. По прогнозам Россия сможет получить около трети всех заказов в сегменте АЭС малой и средней мощности.



Трубы из сплава 42ХНМ предлагается использовать взамен ребристых теплообменных труб из титанового сплава. Недостатком ребристых труб из титановых сплавов является ненадежность соединения с другими конструктивными элементами парогенератора. Дополнительно сплав 42ХНМ более надежен в эксплуатации, т.к. не наводораживается в отличие от титановых сплавов, которые из-за этого охрупчиваются.

3. Особенности изготовления труб из сплава 42ХНМ

При изготовлении труб на ПНТЗ из сплавов на хромоникелевой основе и в частности 42ХНМ можно выделить 4 основные особенности:

1. Использование передельных труб в качестве заготовки.

Это в первую очередь связано с затрудненной, а в ряде случаев невозможной прошивкой сплавов в горячем состоянии на станах поперечно-

винтовой прокатки. Происходит разрушение гильзы при прошивке. Разрушение гильзы в горячем состоянии происходит по причине неблагоприятной схемы напряженно-деформированного состояния при винтовой прошивке для сплавов. Передельная заготовка изготавливается двумя способами: горячим прессованием или сверлением трубной заготовки.

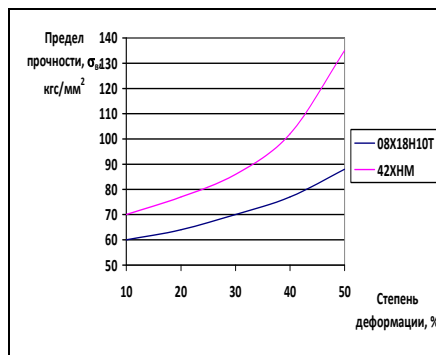


Рис. 1

3. Высокая окалинотойкость сплава.

При термообработке сплавов в окислительной атмосфере на поверхности труб образуется тонкая прочно сцепленная с поверхностью металла окисная пленка, при удалении которой химическим способом происходит неравномерное травление поверхности труб. В связи с этим трубы промежуточных размеров не освещают перед последующей прокаткой промежуточных размеров и окисная пленка используется в качестве подмазочного покрытия, снижающего вероятность налипания металла труб на инструмент. Трубы готовых размеров более предпочтительнее термообработать в защитной атмосфере. При термообработке труб готовых размеров в окислительной атмосфере для удаления окалина производится механическим способом: шлифованием, дробеструйной обработкой.

4. Высокотемпературная термообработка.

Для снятия наклепа для последующей пластической деформации промежуточных размеров, а также получения требуемых свойств готового размера для сплавов необходима термообработка при температурах 1150-1200°C. Такие температуры достижимы не на всех термических печах ПНТЗ. Максимально достижимая температура 1160°C на печи с газовым нагревом.

4. Освоение производства труб из сплава 42ХНМ

Освоение производства труб на ПНТЗ производилось в 2 этапа.

Первым этапом в освоении производства труб на ПНТЗ из сплава 42ХНМ было изготовление труб размерами 8; 10; 13х1,2 мм длиной 2800 мм из горячепрессованной заготовки размером 102х14 мм с термообработкой труб готового размера в печи с защитной атмосферой особочистого водорода (2010 год). В результате изготовления труб доказана техническая возможность изготовления труб на ПНТЗ из сплава 42ХНМ с повышенным качеством поверхности.

Вторым этапом освоения сплава явилось изготовление опытных образцов длинномерных труб (длиной 20-22 м) из сверленной заготовки размером

2. Высокая степень наклепа при деформации.

При прокатке на станах ХПТ при степенях деформации свыше 40 % резко увеличиваются прочностные свойства сплава, что может приводить к трещинообразованию в процессе прокатки труб (Рис 1).

57х8,5 мм (4 квартал 2010-2 квартал 2011 г), предоставленной заказчиком. В связи с ограничением длины печи с защитной атмосферой (до 10 м) было принято решение о термообработке труб на электрической проходной печи в цехе №7. Также отделка и сдача труб длиной более 18 м в цехе №7 невозможна, поэтому была использована кооперация с цехом №10. Для очистки труб готового размера от окалина применена шлифовка и дробеструйная обработка.

Заказчиком опытных образцов труб и разработчиком сплава 42ХНМ является ОАО «ВНИИНМ им. Бочвара».

Совместно с ОАО «ВНИИНМ» разработаны технические требования (Протокол № 17/1627) на передельную заготовку размером 57х8,5х850 мм, полученную методом сверления и точения из заготовки Ø 60 мм по ТУ 14-1-5435-2001 производства ОАО «МЗ Электросталь» и протокол технических требований ПР 225 к ТУ 14-3Р-197-2001 на готовые трубы.

Непосредственно с моим участием производилась разработка и согласование технических требований, разработка технологической схемы изготовления и изготовление опытных образцов труб.

Изготовление труб производилось по следующей технологической схеме.

1. Входной контроль передельной заготовки.

Анализ сертификатов данных и результаты входного контроля наружной и внутренней поверхности, геометрических параметров, химического состава, загрязненности металла неметаллическими включениями показали полное соответствие передельных труб-гильз техническим требованиям нормативной документации. Дополнительно проведены испытания на стойкость металла труб-гильз к МКК по методу АМ ГОСТ 6032. Металл стоек к МКК.

2. Основой технологической схемы является маршрут прокатки. Мной было предложен маршрут состоящий из 2-х прокаток на стане ХПТ и 3-х прокаток на ХПТР, учитывающий предлагаемый размер заготовки заказчиком и имеющиеся возможности про-

катного оборудования. Для прокатки труб длиной до 22 м применена прокатка на удлиненных станах ХПТР.

Маршрут прокатки:

0. 57x8,5
1. 38x5,0 ХПТ-55, т.о.
2. 20x2,8 ХПТ-32, т.о.
3. 17,5x2,3 ХПТР 15-30, т.о.
4. 15x1,8 ХПТР 15-30, т.о.
5. 13,2x1,3 ХПТР 15-30, т.о.
- (13x1,2)

3. Термическая обработка.

Термическую обработку передельной заготовки и труб промежуточных размеров 38x5,0 и 20x2,8мм после прокатки на станах ХПТ проводили в газовой печи, после прокатки на станах ХПТР 15-30 на промежуточные и готовый размеры проводили в проходной электрической печи.

4. Химическая обработка

Осветление поверхности труб после термообработки перед прокаткой на станах ХПТ не производили.

Обезжиривание труб после прокатки на станах ХПТ и удаление окалины с труб перед прокаткой на станах ХПТР 15-30 проводили в щелочно-селитровом расплаве. Обезжиривание труб промежуточных размеров после прокатки на ХПТР 15-30 производили в обезжиривающем растворе в цехе №7. В связи с ограничением по длине травильных ванн в цехе №7 обезжиривание труб готового размера производили в цехе №10.

5. Отделка и сдача.

Трубы после химической обработки (подтравливания для разрыхления окалины) были поправлены на косошальковом правильном стане. После правки, подрезки концов трубы прошли операцию опескоструивания внутренней поверхности с двух концов, затем шлифовку наружной поверхности на ленточно-шлифовальном станке. В соответствии с требованиями НД трубы проконтролированы на установке УЗК, проведены испытания механических свойств, структуры и сданы.

Результаты изготовления труб

Параметры	Механические свойства						величина зерна	УЗК
	при 20 °С			при 350 °С				
	σв, МПа	σ0,2, МПа	δ5, %	σв, МПа	σ0,2, МПа	δ5, %		
Фактические значения	902-942	560-593	35-45	854-895	534-585	25-26	7-9	годен
Требования ПР 225-2010 к ТУ 14-3Р-197	≥ 750	≥ 380	≥ 35	≥ 550	≥ 300	≥ 30	7-10 (11)	

Всего изготовлено и сдано заказчику 5шт.-98,7 м-35 кг. Фактический расходный коэффициент составил 1,286.

В соответствии с письмом заказчика опытные образцы труб сданы с отклонениями от требований протокола ПР 225-2010 к ТУ 14-3Р-197-2001 по механическим свойствам (удлинению) при повышенной температуре.

Для упрощения транспортировки труб заказчику, после получения данных по качеству труб совместно с заказчиком принято решение о порезке труб на длину 2,5-3,0 м.

5. Технико-экономические расчеты

В одной установке ПАТЭС используется 300 000 м труб размером 13x1,2 мм или 104 т.

Планируется изготавливать 6-10 ПАТЭС до 2020 года. Таким образом ожидаемый объем продаж (6-10)*104≈600÷1000тн,

Исходные данные для расчета:

1. Цена заготовки – 6000 тыс. руб/т.
2. Затраты на передел – 1602 тыс. руб/т,
3. Цена реализации – 10028 тыс. руб/т.
4. Расходный коэффициент – 1,286.

Годовая прибыль от реализации труб составит:
(10028-6000x1,286-1602)x100 = 71 000 тыс. руб.

6. Выводы

В результате изготовления опытной партии труб:

1. Разработана концепция изготовления длинномерных труб из сплава 42ХНМ для парогенераторов ЯЭР в условиях ОАО «ПНТЗ».

2. Изготовлена опытная партия длинномерных труб размером 13x1,2 мм. Разработанная технология позволяет изготавливать на действующем оборудовании в кооперации цехов №7 и №10 длинномерные трубы размером 13x1,2 мм из стали 42ХНМ длиной до 22000 мм.

3. Разработаны новые технические условия ТУ 14-159-362-2011 с учетом корректировки технических требований после изготовления опытной партии.

4. Образцы труб прошли исследования на ОАО ВНИИНМ им. Бочвара. Результаты исследований подтверждают качество труб (Письмо от ОАО ВНИИНМ). Для оценки служебных характеристик в 2012 году планируется проведение испытаний в установке ОАО «ОКБМ Африкантов» г. Нижний Новгород, занимающего ведущие позиции в создании атомного энергетического оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Масленков С.Б. Жаропрочные стали и сплавы. Справочное издание. М.: Металлургия, 1983. 192 с.

2. Кофф З.А., Соловейчик П.М. и др. Холодная прокатка труб – Свердловск, Металлургия, Свердловское отд-ние, 1962. 431 с.

3. Биск М.Б., Грехов И.А., Славин В.Б. Холодная деформация стальных труб – Свердловск: Средне-Уральское кн. изд-во. 1976.-231с.